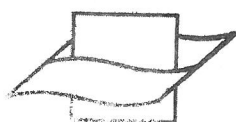

This paper not to be cited without prior reference to the author

Discussion des résultats de production primaire et analyse des causes d'erreur observées



Vlaams Instituut voor de Zee
Flinders Marine Institute

J.P. Mommaerts , Lab.v.Ekologie en Systematiek V.U.B .

A la suite des difficultés éprouvées dans l'établissement d'un bilan des flux de matière dans l'écosystème (les résultats de production et de consommation ne concordent pas) , nous avons été amenés à rediscuter les chiffres de notre rapport "Production primaire dans le Southern Bight en Mer du Nord (période 1971-1973). Application du modèle de Vollenweider au calcul de la production brute et première évaluation de la production nette ." .

Comme l'indique ce rapport , il s'agit de la première application généralisée du modèle de Vollenweider(1965) à la production en Mer du Nord . Ce modèle avait précédemment été testé au Bassin de Chasse d'Ostende et —sur une plus petite échelle— en Mer du Nord .

Si nous admettons la validité du modèle , nous avons à examiner deux utilisations , correspondant à deux étapes du calcul de production :

1. Passage de p_{vitro} à p_{opt}

a) Influence des paramètres du modèle

Soit la formulation générale :

$$p = p_{max} \cdot \frac{aI}{\sqrt{1 + (aI)^{2n}}} \cdot \frac{1}{(\sqrt{1 + (\alpha I)^{2n}})^n}$$

où p = production sous l'éclairage I
 p_{\max} = production maximale (si pas de photoinhibition)
 $a = 1/I_k$ (I_k = éclairage amenant p_{\max})

nous avons adopté les valeurs particulières suivantes pour les divers coefficients (conformes à l'observation et à la littérature) :

$$a = \alpha$$

$$n = 2$$

et utilisons les notations p_{opt} et I'_k (grandeurs observables par l'expérience) , sachant que $I_k/I'_k = p_{\max}/p_{\text{opt}} = 2.6$

Faisons $I/I'_k = R$ (I = éclairage dans l'incubateur)

Dès lors on peut écrire :

$$p_{\text{opt}} = p_{\text{vitro}} \cdot \frac{(\sqrt{1 + (R/2.6)^2})^3}{R}$$

$$\text{Soit } F = (\sqrt{1 + (R/2.6)^2})^3 / R$$

D'où :

$$p_{\text{opt}} = p_{\text{vitro}} \cdot F$$

La fonction $F = \text{fn}(R)$ a la particularité de posséder un minimum et deux solutions pour toute autre valeur (fig. 1) .

En mer du Nord , les valeurs de I'_k expérimentalement déterminées variant entre 3 et 34 , et l'éclairage en incubateur valant $16 \text{ J/cm}^2 \text{ h}$, on peut s'attendre à des valeurs de R allant de 0.5 à 5 et dès lors , des valeurs de F situées entre 1 et 2 .

Et c'est bien ce que l'on a observé dans la pratique : la valeur p_{opt} observée in situ est 1 à 2 fois plus grande que l'assimilation mesurée in vitro .

Effet de variations d' I'_k

Des valeurs très dispersées de I'_k ont été mesurées pendant toute l'année 1972 , et en fait , le sous-modèle de variation saisonnière liée à la température (voir rapport précité) n'est qu'une moyenne très idéalisée tentant de passer au mieux des points .

Cette option a entraîné des erreurs dont la plus surprenante est celle

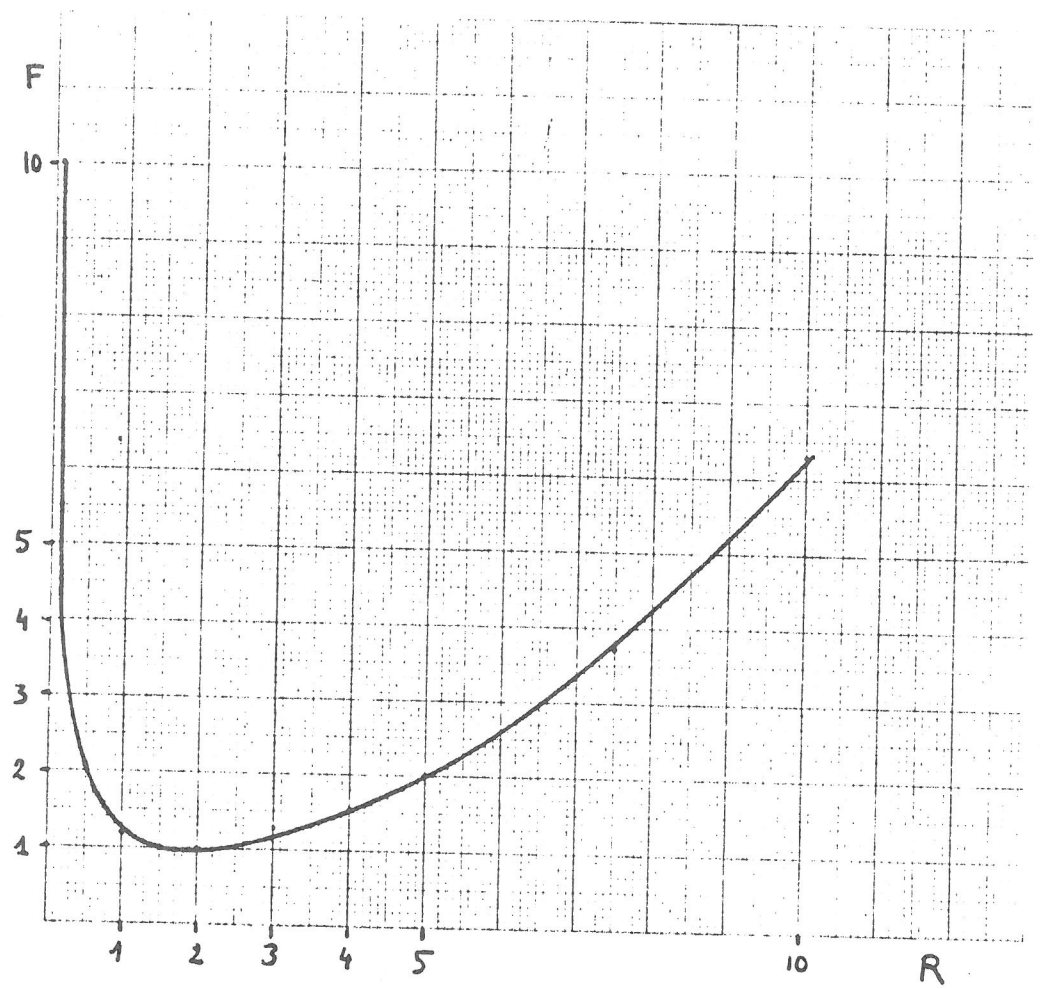


Fig. 1

qui est due au choix d'une moyenne entre deux groupes de valeurs d' I'_k tels qu'ils correspondent aux deux branches de la fonction F .

Ainsi, pour les croisières de juin-juillet nous avons couramment utilisé la valeur de $I'_k = 15$, valeur intermédiaire et calculée sur base du sous-modèle . En réalité , on a expérimentalement mis en évidence deux groupes de valeurs d' I'_k : un pour la zone 1 : 18 à 34
un pour la zone 2 : 3 à 10

	I'_k			R		F	
zone 2	3	-	10	5.33	- 1.6	2.2	- 1
sous-mod.	15			1.06		1.2	
zone 1	18	-	34	0.89	- 0.47	1.4	- 2.2

On voit que pour les valeurs extrêmes d' I'_k on a F près de 2 fois plus grand que prévu .

Pour la période d'avril , on a I'_k du sous-modèle= 8 et I'_k moyen mesuré= 3.6
Cette fois F est également près de deux fois plus grand que calculé .

En septembre la variation est de 1.3 x , tandis qu'en octobre elle n'est pas significative . En hiver , l'erreur pourrait atteindre 3 x (effet d'une erreur de 50 % sur I'_k) .

b) Erreur sur la mesure de p_{vitro}

Nous savons que les pertes de matériel organique marqué à la filtration sont une des sources d'erreur majeures . On attribue généralement ces pertes à l'excrétion . Fogel(1966) cite une perte maximale de 50 % . Sieburth et Jensen (1969) citent un maximum de 40 % du C fixé

journallement . Eppley et Sloan (1965) et Hellebust (1965) donnent le chiffre de 15 % (déjà mentionné dans le technical report précité) comme normal . Watt (1966) suggère un maximum de 30 % . Plusieurs auteurs observent une relation entre excrétion et intensité lumineuse (toutes ces références prises dans Parsons et Takahashi ,1973) .

Mais nous pensons comme Arthur et Rigler (1967) et Schindler, Schmidt et Reid (1972) qu'une fraction indéterminée de ces pertes est constituée d'extrait des cellules pressées lors de la filtration . Gieskes (1973) a observé des pertes atteignant 20 % , qu'il attribue notamment au passage du mucus colloïdal de *Phaeocystis* sp. , une algue abondante dans nos eaux pendant le bloom printanier . Mais Schindler et al. ont eux-mêmes observé des pertes de 50 % et plus !

2. Passage à la solution intégrée sur la profondeur et le temps

Soit la solution horaire correspondant aux mêmes valeurs de coefficients que dans la première étape :

$$\sum p = \frac{2.6 \cdot p_{opt}}{\eta} \cdot \frac{I'_0 / (I'_k \cdot 2.6)}{\sqrt{1 + (I'_0 / (I'_k \cdot 2.6))^2}}$$

où I'_0 = intensité lumineuse à la surface de l'eau ($J/cm^2/h$) (P.A.R.)

η = coefficient d'extinction de l'eau (P.A.R.)

Si on fait $I'_0 / I'_k = R'$ on peut écrire :

$$\sum p = \frac{p_{opt}}{\eta} \cdot \frac{R'}{\sqrt{1 + (R'/2.6)^2}}$$

et faire $F' = R' / \sqrt{1 + (R'/2.6)^2}$

La production journalière est dès lors :

$$P_j = p_{opt} / \eta \cdot (F'_1 + F'_2 + F'_3 + \dots)$$

La fonction $F' = \text{fn}(R')$ a été étudiée par Vollenweider . Elle a une forme hyperbolique avec un plateau à $F' \sim 2.6$ pour $R' \gg 5$ Ceci veut dire que plus I'_k est petit , plus R' a des chances de dépasser 5 et plus importante est la fraction du jour où la production est maximale .

On a estimé qu'une différence d' I'_k de 50 % (cas le plus fréquent) conduit à une production journalière 1.3 x plus grande .

3. Conclusions

Les erreurs de mesure possibles sur I'_0 , I'_{vitro} et η n'ont pas été discutées ici . Ce sont des mesures physiques dont la sécurité est très grande . Dès lors deux sources importantes d'erreur apparaissent :

- 1) l'erreur sur I'_k : une différence par défaut de 50 % (surestimation) entraînerait couramment une réévaluation de la production journalière brute par un facteur de 1.- 2 (1ère étape) x 1.3 (2ème étape) = 1.3-2.6 Une révision des valeurs d' I'_k a montré qu'une erreur de cet ordre est effectivement réalisée par l'utilisation du sous-modèle liant I'_k à la température . Ce sous-modèle est à rejeter provisoirement , le nombre d'incubations in situ étant insuffisant à ce jour pour une validation adéquate .
- 2) l'erreur sur p_{vitro} : des pertes à la filtration atteignant jusqu'à 50 % sont atteintes . Notre premier facteur de correction (15 %) paraît insuffisant . Nous procédons actuellement à des comptages sur les filtrats ramenés des dernières croisières , et envisageons de supprimer la filtration à l'avenir . On peut déjà prévoir une marge de fluctuation possible entre 15 % et 50% , c'-à-d une réévaluation par 1.17 à 2 x .

Une révision de nos résultats tenant compte de ces corrections sera publiée incessamment .

Références

- Arthur, C.R. and Rigler, F.H., 1967 . A possible source of error in the ^{14}C method of measuring primary productivity . *Limnol. Oceanogr.* 12:121-124
- Gieskes, W.W. and Bennekom, A.J. van, 1973 . Unreliability of the ^{14}C method for estimating primary productivity in eutrophic Dutch coastal waters . Netherlands Institute for Sea Research . Ref 2743 N .
- Mommaerts, J.P. C.I.P.S. Tech. Report 1971-1973/BIOL. 01
- Parsons, T. and Takahashi, M., 1973. Biological oceanographic processes . Pergamon Press . 186 p.
- Schindler, D.W., Schmidt, R.V. and Reid, R.A., 1972. Acidification and bubbling as an alternative to filtration in determining phytoplankton production by the ^{14}C method . *J. Fish. Res. Bd. Canada* 29: 1627-1631 .
- Vollenweider, R.A., 1965. Calculation models of photosynthesis - depth curves and some implications regarding day rate estimates in primary production measurements . In *Primary productivity in aquatic environments*, Ed. C.R. Goldman. Mem. Ist. Ital., Idrobiol., 18 Suppl.: The University of California Press , Berkeley , 425-457.